

Untersuchung zur Technik von Tomogrammen der Zähne und der Kiefer

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

KURT VON VIGIER

von Solothurn

ZÜRICH 1950

BUCHDRUCKEREI BERICHTHAUS ZÜRICH

Untersuchung zur Technik von Tomogrammen der Zähne und der Kiefer

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

KURT VON VIGIER

von Solothurn

Von der medizinischen Fakultät der
Universität Basel genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. Otto Müller.
Tag der Promotion: 8. Nov. 1949.

ZÜRICH 1950

BUCHDRUCKEREI BERICHTHAUS ZÜRICH

Meinem geschätzten Lehrer Professor Dr. O. Müller



Aus dem Röntgeninstitut des Kantonsspitals Freiburg
PD Dr. E. A. Zimmer

Untersuchung zur Technik von Tomogrammen der Zähne und der Kiefer

von Kurt von Vigier

616.716.8 073.75

I. Allgemeines zur Tomographie

Die Tomographie oder Körperschichtdarstellung gehört zu den modernen Methoden der Röntgenologie. Früher war es nur möglich, ein räumliches Objekt, zum Beispiel den knöchernen Thorax, als Summationsbild in einer Bildebene (der Röntgenfilmebene) wiederzugeben. Neuerdings gelingt es jedoch, einzelne Schichten aus dem menschlichen Körper röntgenologisch herauszuschneiden und isoliert darzustellen. Diese Körperschicht- oder Körperschnittdarstellung wird in der Literatur als Tomographie, Planigraphie oder Stratigraphie bezeichnet.

Was ist das *Prinzip dieser Tomographie*? An Hand einiger schematischer Zeichnungen läßt sich dies einfach erklären (Abb. 1—5).

Wird von einer kleinen Metallkugel eine Röntgenaufnahme gemacht, wobei Röhre, Objekt und Film stillstehen, so erhalten wir ein kontrastreiches, scharfes Bild (Abb. 1a und 1b).

Wird von dem gleichen Objekt eine Aufnahme gemacht, wobei (während der Exposition) die Röntgenröhre von der Ausgangsstellung a zur Endstellung b bewegt wird, so bildet sich diese Kugel

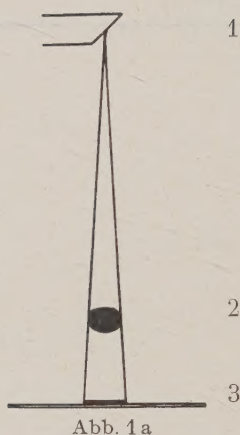


Abb. 1a: 1 = Röntgenröhre
2 = Objekt
3 = Film

Abb. 1b: Das resultierende Röntgenbild

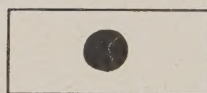


Abb. 1b

Projektionsergebnisse bei feststehender Röntgenröhre

auf dem Film unscharf, verwaschen ab (Abb. 2a und 2b). Die Projektion des Objektes auf den Film ändert sich mit fortschreitender Bewegung. Der Schatten wird dadurch längsoval, aufgelockert. Im extremen Fall kann das Gebilde überhaupt zur Undeutlichkeit «verwischt» werden.

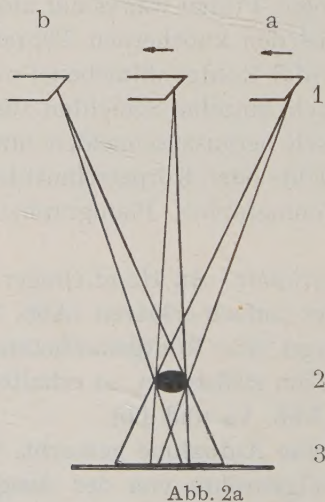


Abb. 2a: 1 = Röntgenröhre
2 = Objekt
3 = Film
a = Ausgangsstellung der
Röntgenröhre
b = Endstellung

Abb. 2b: Das resultierende Röntgenbild



Abb. 2b

Projektionsergebnis bei bewegter Röntgenröhre

Während einer tomographischen Aufnahme bewegen sich (an einem doppelarmigen Hebel) sowohl die Röntgenröhre als auch der Film um einen Punkt, den Drehpunkt, wobei die Röntgenröhre sich in der einen, der Film sich synchron in der entgegengesetzten Richtung verschiebt (Abb. 3). Befindet sich das Objekt im Drehpunkt, so wird es scharf dargestellt, da es sich während des ganzen Bewegungsvorganges immer auf die gleiche Stelle des Filmes projiziert. Ebenso werden alle weiteren Objekte, welche sich in der Drehpunktebene befinden, scharf abgebildet, da auch diese sich stets auf die gleiche Stelle des Filmes projizieren. Es resultiert ein Bild ähnlich Abbildung 1b.

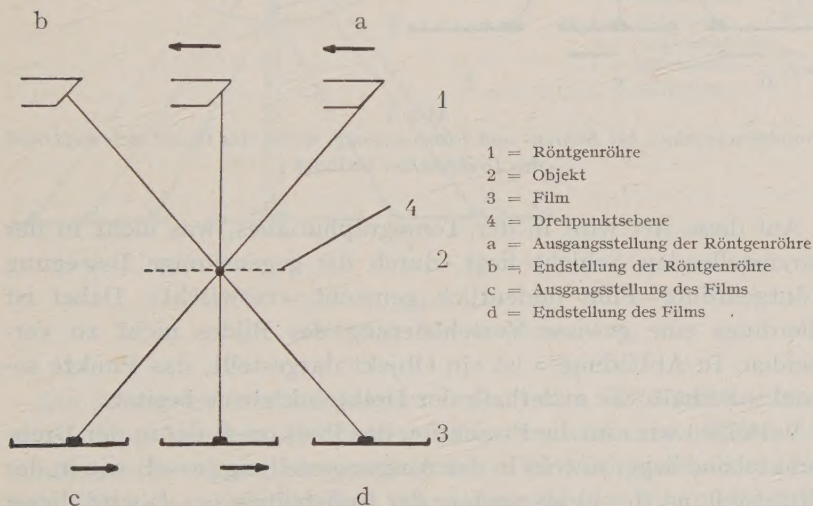


Abb. 3

Projektionsergebnis bei Röhren- und Filmbewegung, wobei das Objekt sich im Drehpunkt befindet

Ein Körper, welcher außerhalb dieser Drehpunktebene liegt, zeichnet sich mit fortschreitender Bewegung, aber stets auf eine andere Stelle des Filmes ab und wird daher unscharf abgebildet (Abb. 4). In der Ausgangsstellung (a—d) ist die Abbildung des Objektes am rechten Filmrand, bei der Mittelstellung (b—e) in der Filmmitte und in der Endstellung (c—f) am linken Filmrand. Das entsprechende Bild gleicht demjenigen der Abbildung 2b.

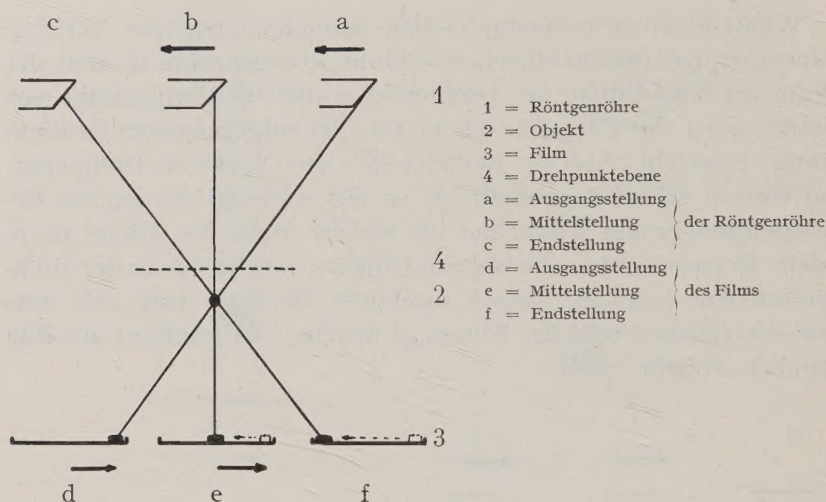


Abb. 4

Projektionsergebnis bei Röhren- und Filmbewegung, wobei das Objekt sich außerhalb des Drehpunktes befindet

Auf diese Art wird in der Tomographie alles, was nicht in der darzustellenden Schicht liegt, durch die gegensinnige Bewegung Röntgenröhre—Film undeutlich gemacht, «verwischt». Dabei ist allerdings eine gewisse Verschleierung des Bildes nicht zu vermeiden. In Abbildung 5 ist ein Objekt dargestellt, das Punkte sowohl innerhalb wie außerhalb der Drehpunktebene besitzt.

Verfolgen wir nun die Projektion des Punktes 4, der in der Drehpunktebene liegt: sowohl in der Ausgangsstellung (a—d) wie in der Mittelstellung (b—e) als auch in der Endstellung (c—f) wird dieser Punkt in der Mitte des Filmes abgebildet, mit anderen Worten, er wird scharf abgebildet. Anders verhält es sich bei Punkt 5 und 6: Punkt 5 (über der Drehpunktebene gelegen) wird in der Ausgangsstellung nahe dem linken Filmrand, in der Endstellung etwas rechts der Filmmitte abgebildet, das heißt das Bild dieses Punktes wandert während der Exposition von links nach rechts. Punkt 6 wird in der Ausgangsstellung nahe dem rechten Filmrand projiziert, in der Endstellung dagegen fällt dieser Punkt links außerhalb des Filmrandes ein, das heißt die Projektion des Punktes wandert von rechts nach links. Daher werden diese zwei Punkte (5 und 6), da sie außerhalb der Drehpunktebene liegen, unscharf wiedergegeben.

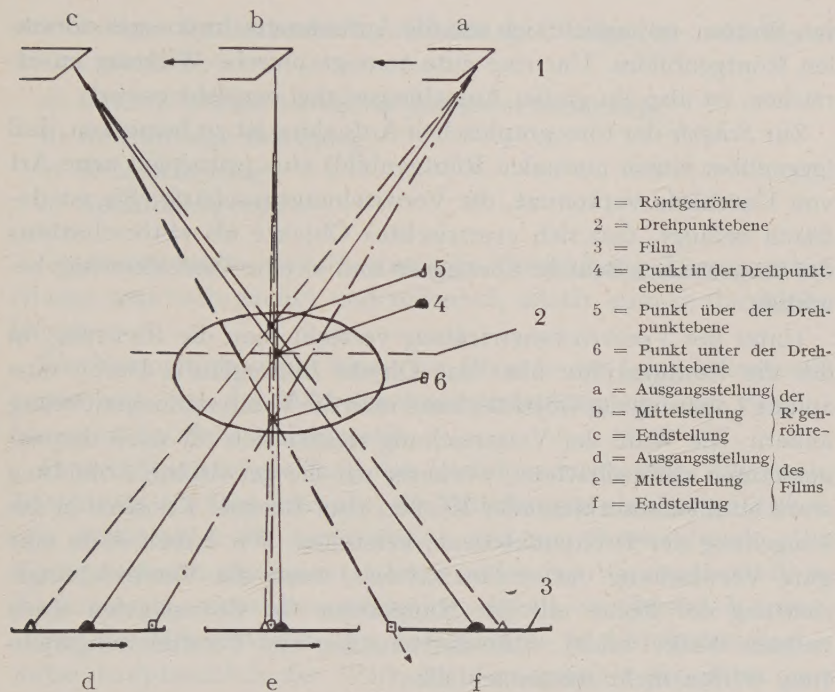


Abb. 5
 Prinzip der Tomographie

Am *Tomograph* ist die Röntgenröhre mit dem Filmschlitten durch einen doppelarmigen Hebel verbunden, um auf diese Weise eine synchrone Bewegung zu gewährleisten. Der Drehpunkt dieses Hebels läßt sich vermittels eines Schraubengewindes höher oder tiefer einstellen. Durch Änderung der Höhe dieses Drehlagers können wir einen Körper in jeder gewünschten Tiefe schneiden, das heißt einzelne etwa zentimeterdicke Schichten isoliert betrachten. Um ein Beispiel zu nennen: Am menschlichen Thorax können wir eine Schicht 6 cm hinter dem Brustbein «herausschneiden» und isoliert betrachten.

Die *Schichtdicke* des Tomogrammes ist abhängig von dem Ausschlagswinkel, das heißt der Wegstrecke, welche die Röhre durchläuft. Bei kleinem Ausschlagswinkel der Röhre wird die Schichtdicke größer. Nehmen wir, als extremen Fall, einen Ausschlagswinkel von Null an, so wird das ganze Objekt dargestellt, mit ande-

ren Worten, es handelt sich um die Aufnahmetechnik eines normalen Röntgenbildes. Um eine gute tomographische Wirkung zu erreichen, ist also ein großer Ausschlagswinkel empfehlenswert.

Zur *Schärfe* der tomographischen Aufnahme ist zu bemerken, daß (gegenüber einem normalen Röntgenbild) eine prinzipiell neue Art von Unschärfe vorkommt, die Verwischungsunschärfe. Sie ist dadurch bedingt, daß sich «verwischte» Objekte als «Störschatten» der dargestellten Schicht überlagern und so eine Verschleierung bewirken.

Unter der *Verstreichungsrichtung* versteht man die Richtung, in der die Röntgenröhre über das Objekt hinwegläuft. Durch eine andere Lagerung des Objektes kann man die Verstreichungsrichtung ändern. Die Wahl der Verstreichung richtet sich oft nach den sogenannten «Störschatten», worunter wir die verwischte Abbildung stark strahlenabsorbierender Körper, zum Beispiel Knochen in der Umgebung der Drehpunktebene, verstehen. Wir haben dann eine gute Verwischung der «Störschatten», wenn die Verstreichungsrichtung der Röhre mit der Hauptachse der Störschatten einen rechten Winkel bildet; Störschattenachse und Verstreichungsrichtung dürfen nicht zusammenfallen!

Im System Röhre—Objekt—Film kann die Röhre zusammen mit dem Film bewegt werden, wobei das Objekt ruhig bleibt. Diesen Gedanken arbeitete zuerst *Bocage* aus. Ähnliche Verfahren schufen *Porges*, *Pohl*, *Ziedses des Plantes*, *Bartelink*, *Greineder* und *Chaoul*, wobei jeder nach seiner Idee die Röhrenbewegung ausführen läßt. *Vallebona* entwickelte ein Verfahren, bei dem die Röhre und der Film ruhig sind und das Objekt bewegt wird.

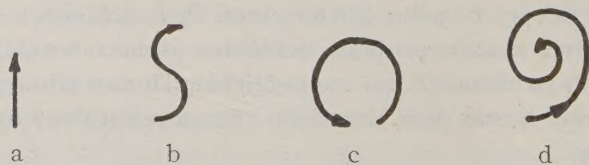


Abb. 6

Röhrenbewegungen bei tomographischen Untersuchungen

Außer den bis jetzt erwähnten linearen Bewegungen der Röntgenröhre während der Exposition (Abb. 6a) wurden noch andere Ver-

streichungsarten untersucht. Abbildung 6 zeigt die wichtigsten Arten, nämlich:

- a) Lineare Röhrenbewegung (Längsverstreichung),
- b) sinusförmige Bewegung,
- c) Kreisbewegung,
- d) Spiralbewegung.

Großmann zeigte, daß die einseitige Verwischung (Längsverstreichung) praktisch genügt und technisch relativ einfach durchführbar ist.

Die Tomographie wird heute vor allem in der Lungendiagnostik angewandt, bei der Wirbelsäulenuntersuchung und bei Spezialfragen in der Schädeliagnostik.

In der Stomatologie fand das Verfahren noch keine allgemeine Beachtung, erwähnt seien aber die Mitteilungen von *Peyrus-Aubert*: «La stratigraphie en stomatologie», und von *Benner-Junk*: «Das Röntgenschnittaufnahmeverfahren und seine Verwendbarkeit im Kiefergebiet», sowie die ausführliche Arbeit von *Mathis-Hammer*: «Über die Möglichkeiten der Tomographie in der Stomatologie», wobei hauptsächlich der Wert der Tomographie gegenüber dem normalen Röntgenbild gezeigt wird.

Bei all diesen Arbeiten wurden hauptsächlich post.-ant. oder seitliche Aufnahmen gemacht. Es stehen aber noch systematische Untersuchungen aus, welche vor allem über die günstigste Lagerung des Patienten und die optimale Verstreichungsrichtung im Kiefergebiet Aufschluß erteilen, was deshalb Aufgabe dieser Studien sein soll.

II. Besprechung der Versuche

Das ganze Material umfaßt 12 Serien, wozu wir verschiedene bezahnte Skelettschädel verwendeten. Um einen Überblick über die Möglichkeiten der tomographischen Untersuchung im Kiefergebiet zu bekommen, nahmen wir eine Einteilung in vier Hauptgruppen vor, entsprechend der Lagerung des Schädels. In jeder einzelnen Gruppe wurde nach günstigen Verstreichungsrichtungen gesucht. Es entstanden dadurch 12 verschiedene Möglichkeiten (a-m), welche wir in folgender Einteilung anführen:

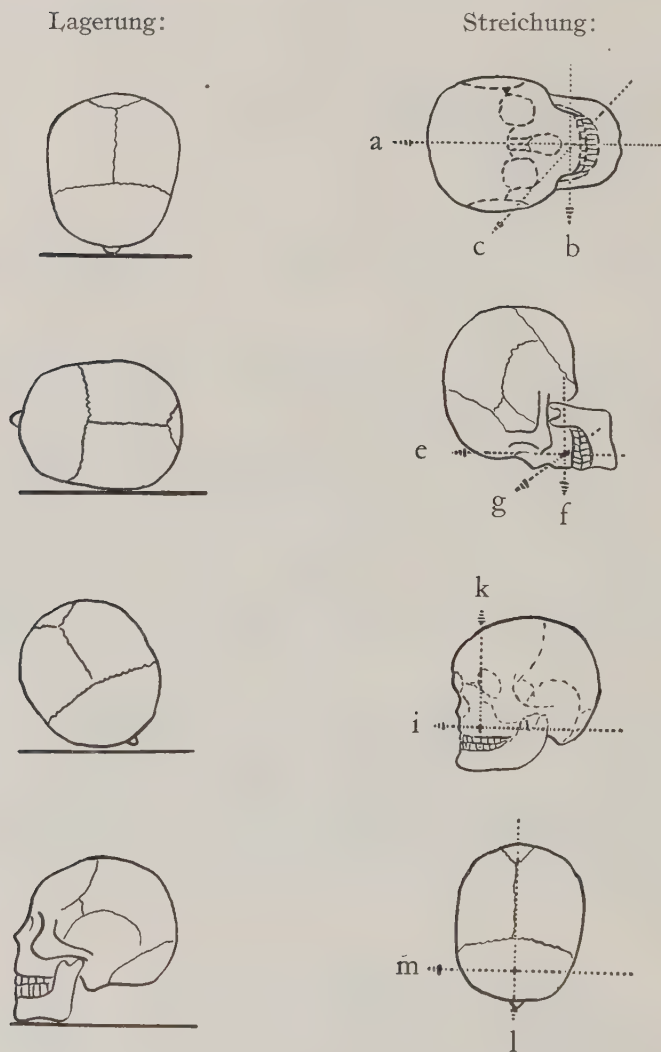


Abb. 7

Übersicht der Lagerung und Verstreichung

In der ersten Kolonne der Abbildung 7 ist jeweils die Lagerung des Schädels wiedergegeben, in der zweiten Kolonne die Verstreichungsrichtung. Dabei geben die punktierten Pfeile die Bewegung der Röntgenröhre während der Exposition an (siehe Text).

1. *Stirnlage des Schädels* mit post.-ant. Strahlengang:
 - a) kaudo-kraniale Verstreichung,
 - b) latero-laterale Verstreichung,
 - c) schräge Verstreichung,
 - d) Variation von c, wobei der Schädel etwas in den 1. schrägen Durchmesser gedreht wurde;
2. *Seitenlage des Schädels*:
 - e) kaudo-kraniale Verstreichung,
 - f) okzipito-frontale Verstreichung,
 - g) schräge Verstreichung,
 - h) Variation von f unter leichter Hebung des Scheitels;
3. *Schräglage des Schädels* (im 1. schrägen Durchmesser):
 - i) okzipito-frontale Verstreichung,
 - k) kaudo-kraniale Verstreichung;
4. *Axiale Schädellage*:
 - l) okzipito-frontale Verstreichung,
 - m) latero-laterale Verstreichung.

Die *Besprechung jeder Serie* gliedert sich in:

Physikalisches und Aufnahmetechnik.

Angabe der ausgeführten Schnitte und Abstand der dargestellten Schicht von der Auflagefläche.

Wiedergabe markanter Schnittbilder.

Kritische Besprechung der Bildergebnisse: Bemerkenswerte Resultate in den einzelnen Schnittiefen.

Zusammenfassung.

Wir wollen jetzt zu den einzelnen Versuchsserien und deren Ergebnisse übergehen.

1. Stirnlage des Schädels

Serie a: Kaudo-kraniale Verstreichung

Lagerung des Schädels: Nase und Stirn aufliegend. Aufnahme-
daten: 45 kV, 33 mA, 1 sec. Ausgeführte Schnitte:

Abstand von der Auflagefläche		
Nr. I	2 cm	s. Abb.
Nr. II	2,5 cm	
Nr. III	3 cm	
Nr. IV	3,5 cm	
Nr. V	4 cm	
Nr. VI	4,5 cm	
Nr. VII	5 cm	
Nr. VIII	6 cm	

Resultate in den einzelnen Schichttiefen:

Nr. I (2 cm).

Nr. II (2,5 cm): Der Schnitt liegt vor den Frontzähnen des Oberkiefers und Unterkiefers.

Nr. III (3 cm): Dieses Bild zeigt die Frontzähne des Oberkiefers. Beachtenswert ist der retinierte +3, dessen Wurzel in einer großen Höhle liegt, die sich gegen die Nasenhöhle nur durch eine dünne Wand abgrenzt. Die Wurzelspitzen von 1+1 sind undeutlich dargestellt. Median zeichnet sich die Sutura intermaxillaris ab; zwischen den Wurzeln beider 1+1 ist das Foramen incisivum wiedergegeben.

Nr. IV (3,5 cm): Die Wurzelspitzen und der Periodontalspalt von 1+1 sind auf diesem Bild scharf abgebildet. An der Wurzel von 2+ beobachtet man eine Querfraktur. Die Wurzelspitze von +2 ist etwas überstrahlt. Die große Aufhellung im Eckzahngebiet ist auch in dieser Schnitttiefe deutlich. Die beiden Canales incisivi sind medial angedeutet.

Nr. V (4 cm): Der Periodontalspalt von +1 ist distal nicht mehr so deutlich, da er durch Spongiosa überlagert ist.

Nr. VI (4,5 cm): Dieser Schnitt befindet sich immer noch im Bereich der obern Frontzähne, erkenntlich an der relativ deutlichen Wiedergabe des Periodontiums von 1+1. Die Aufhellung im Gebiete des retinierten Zahnes ist kleiner geworden.

Nr. VII (5 cm): Der Schnitt liegt oral der obern Frontzähne. Es zeigt sich jetzt, daß die Höhle im Eckzahngebiet in sagittaler Richtung eine beträchtliche Ausdehnung haben muß. Der retinierte Eckzahn selbst ist nicht mehr ganz dargestellt, obwohl er nicht weit von der Schnittebene entfernt liegt. Der Schnitt liegt ungefähr im Bereich der Apices der untern Frontzähne. Die rechte untere Nasenmuschel ist deutlich erkennbar.

Nr. VIII (6 cm): Auf diesem Film sind die beiden Oberkieferhöhlen schön dargestellt. Das Eckzahn-Prämolaren-Molarengbiet projiziert sich so ineinander, daß wir hier die Schnittserie abbrechen, da das Bildergebnis unbefriedigend war.

Zusammenfassung:

1. Diese Art von Lagerung und Verstreichung eignet sich für das Frontalgebiet des Ober- und Unterkiefers. Für den Eckzahnbereich gibt es, wie wir später sehen werden, bessere Lagerungen.

2. Die Darstellung der Molaren gelingt auf diese Weise nicht, denn die starken Verschattungen der Molaren, die projektorisch hintereinander stehen, können nicht genügend verstrichen werden.

3. In entsprechender Schichttiefe sind das Foramen und der Canalis incisivus sichtbar. Bei der Differentialdiagnose zwischen Duktuszyste und einer radikulären Zahnzyste wird eine Bilddarstellung, die einzelne Schichten wiedergibt, vorteilhaft sein.

4. Bei ungenauer Schichteinstellung auf den Apex wird dieses Gebiet von der umgebenden Spongiosa überstrahlt und daher undeutlich abgebildet. Praktisch wird man für ein genaues Studium dieser Zonen mehrere Schnitte mit geringer Distanz zwischen den einzelnen Schnitten (3 mm) ausführen.

Serie b: Latero-laterale Verstreichung

Von den 5 Versuchsserien führen wir folgende an: Lagerung des Schädels: Nase und Frontzähne aufliegend. Aufnahmedaten: 40 kV; 33 mA; 1 sec. Ausgeführte Schnitte:

		Abstand von der Auflagefläche
Nr.	I	0,2 cm
Nr.	II	0,5 cm, s. Abb. 9/II
Nr.	III	0,8 cm
Nr.	IV	1,1 cm
Nr.	V	1,4 cm
Nr.	VI	1,7 cm

Resultate in den einzelnen Schichttiefen:

Nr. I (0,2 cm): Nur die Krone des - 1 liegt in der dargestellten Ebene.

Nr. II (0,5 cm): Dieser Schnitt trifft die oberen Frontzähne. Der Periodontalspalt des - 1 ist mesial und apikal feststellbar. Das periapikale Gebiet wird durch die Verschattung des harten Gaumens überlagert (Nachteil dieser Serie!). Rechts davon befindet sich die leere Alveole von 1+. Hier zeichnet sich die Alveoleninnenkortikalis schön ab. Zwischen beiden Einern ist das Foramen incisivum als runde Aufhellung angedeutet. Der + 2 zeigt eine frakturierte Krone.

Nr. III (0,8 cm): Dieses Tomogramm liegt in Tiefe der oberen Eckzähne. Die folgenden Schnittbilder gehen stufenweise tiefer in den Kiefer, wobei sich als gemeinsames Merkmal immer die Verschattung des harten Gaumens über die Wurzelspitzen legt.

Zusammenfassung:

1. Diese Verstreichungsart eignet sich unter Umständen für die Frontzähne des Unterkiefers. Im Oberkiefer stört der harte Gaumen. Die oberen Eckzahnwurzeln fallen wegen ihrer Länge fast immer in das Gebiet des Gaumens, so daß wir nach einer besseren Darstellung suchen müssen.

2. Diese latero-laterale Verstreichung bringt hintereinander gelegene oder sich teilweise überdeckende Zähne besser zur Darstellung als die kaudo-kraniale Verstreichung.

3. Der größte Nachteil im Oberkiefergebiet ist die starke, linienartige Verschattung des harten Gaumens, die, je nach Höhe des Gaumens, die Diagnose im apikalen oder periapikalen Raum verunmöglicht.

4. Für ein genaues Studium des Canalis incisivus ist kaudo-kraniale Verstreichung (Serie a) vorzuziehen, aus den gleichen Überlegungen wie bei Punkt 3.

5. Es wurden Versuche unternommen, wobei wir die Ebene des harten Gaumens etwas schräg (etwa 10°) zur Verstreichung einstellten. Durch diese Verstreichung wird die linienförmige Verschattung des harten Gaumens aufgelockert, ohne daß sich jedoch das Bildergebnis wesentlich verbessern würde.

6. Bei neuen Versuchen diente als Objekt ein Schädel mit angefügter Halswirbelsäule. Dabei konnten wir feststellen, daß die Wirbelsäule erst in etwa 5 cm Schichttiefe von der Unterlage sich verschwommen abbildet. Sie stört also im Frontzahngebiet (etwa 0,5—2 cm Schichttiefe) nicht.

7. Weitere Versuche der Serie b sollten verschiedene Projektionsrichtungen untersuchen. Denn wir wollten feststellen, ob zum Beispiel das Hinterhauptbein störend auf tomographische Schnitte im Frontzahngebiet einwirke. Dabei lief der Zentralstrahl das eine Mal durch den Atlasbogen, das andere Mal durch das Okzipitale. Es zeigten sich jedoch keine wesentlichen Unterschiede, das heißt, daß

Störschatten (wie das Hinterhauptsbein), wenn sie sich genügend weit von der Schnittebene entfernt befinden, gut verwischt werden und das Bild nicht nachteilig beeinflussen.

Serie c: Schräge Verstreichung

Lagerung des Schädels: Nase und Stirn aufliegend. Aufnahme-
daten: 45 kV; 25 mA; 1 sec. Die Verstreichungsrichtung bildet mit
der Sagittalebene einen Winkel von 45°.

Zusammenfassung:

Wesentliche Vorteile gegenüber Serie a bestehen nicht. Auf diese
Art können die Frontzähne des Unterkiefers dargestellt werden,
ebenso die Frontzähne des Oberkiefers, wobei jedoch der harte
Gaumen im periapikalen Gebiet noch etwas stört.

Serie d: Variation von Serie c

Bei dieser Serie wurde der Schädel aus der naso-frontalen Lage-
rung etwas in den 1. schrägen Durchmesser gedreht. Diese Lage-
änderung bezweckt, daß sich die Prämolaren und Molaren nicht
hintereinander projizieren sollen. Das Ziel dieser Serie war die
Darstellung der palatinalen Wurzel des obern Sechсers in ihrer Be-
ziehung zum Sinus maxillaris. Die Topographie der palatinalen
Wurzeln der obern ersten Molaren zum Sinus maxillaris kann auf
diese Art im Bilde erfaßt werden. Diese Serie ist mit andern Worten
eine Annäherung an die Schräglage der Serien i und k. Wir werden
dort auf die Verhältnisse genauer eingehen.

2. Seitenlage des Schädels

Die Sagittalebene des Schädels liegt parallel zur Platte.

Serie e: Kaudo-kraniale Verstreichung

Von den vier Versuchsserien sei folgende erwähnt: Lagerung des
Schädels: Seitenlage. Aufnahme-
daten: 47 kV; 33 mA; 1 sec. Bei
dieser Lagerung gibt es Prämolaren und Molaren, die filmnahe und
solche, die filmfern liegen. Ausgeführte Schnitte (bei der nun fol-
genden Serie führten wir filmferne Schnitte aus):

		Abstand von der Auflagefläche
Nr.	I	9,5 cm
Nr.	II	10 cm
Nr.	III	10,3 cm, s. Abb. 10/III
Nr.	IV	10,6 cm
Nr.	V	10,9 cm, s. Abb. 10/V
Nr.	VI	11,2 cm

Resultate in den einzelnen Schichttiefen:

Nr. I (9,5 cm): Der Schnitt liegt im Gebiet der rechten oberen Frontzähne.

Nr. II (10 cm): Dieser Schnitt trifft das Gebiet des rechten oberen Eckzahnes und des ersten Prämolaren. Am letztern ist ein stark nach oben ausgedehntes Granulom sichtbar.

Nr. III (10,3 cm): 4+: Diese Schicht zeigt deutlich die stark kariöse Krone von 4+ (Karies mesial und distal). Bemerkenswert ist, daß das Granulom dieses Zahnes gegenüber dem vorhergehenden Schnittbild eine viel geringere Ausdehnung zeigt.

5+: Dieser Zahn ist mesial stark kariös. Seine Krone überlagert sich etwas mit derjenigen von 4+. Er zeigt am Apex ebenfalls Aufhellungen, die nahe an die vordere Sinuswand herankommen. Seine Wurzel ist nach distal gekrümmt.

6+: Am 6+ ist der trichterförmige Eingang in den palatinalen Wurzelkanal eben sichtbar. Die Wurzelspitze dieser palatinalen Wurzel ist schon verwischt; denn die Wurzel steht schief zur Schnittebene, und die Spitze liegt nicht mehr in dieser Schicht. Sie war auf dem vorhergehenden Schnittbild besser zu sehen.

7+: Dieser Zahn zeigt den Wurzelkanal der palatinalen Wurzel in seiner ganzen Länge. Die Wurzel ist distal etwas überstrahlt. Der Apex dieser Wurzel ist nahe dem Sinusboden. Es ist jedoch noch eine dünne Trennungsschicht vorhanden. Eine Wurzelfüllung dieses Kanales wäre vorsichtig auszuführen, um eine Sinusperforation zu vermeiden.

Der Sinus maxillaris zeigt sich auf diesem Bild nach unten arkadenartig ausgebuchtet. Eine starke Ausbuchtung liegt zwischen 6+ und 7+. Im Unterkiefer sieht man deutlich das Foramen mentale unter der Wurzelspitze des 5-. Die Krone des 6- liegt in der Ebene; 8- befindet sich außerhalb des Schnittes.

Nr. IV (10,6 cm): In der Kronenpulpa des 6- ist ein Dentikel feststellbar.

Nr. V (10,9 cm): Die Karies am 4+ und 5+ ist wiedergegeben, wenn auch nicht so deutlich wie auf Bild Nr. III. Die bukkalen Wurzeln des 7+ stoßen nicht von unten her unmittelbar an den Sinus heran, da die untere Sinuswand nicht mehr so markant als Schattenlinie

sichtbar ist. Beachtenswert ist die starke Distalkrümmung der mesio-bukkalen Wurzel des 7+. Die disto-bukale Wurzel ist ziemlich gerade. In der Kronenpulpa von 6+ befindet sich ein Dentikel. Pulpa und Wurzelkanäle von 7- und 8- sind erkennbar.

Durch Vergleich von Schnittbild Nr. III und V soll gezeigt werden, daß die isolierte Darstellung der palatinalen Wurzel einerseits und der beiden bukkalen Wurzeln anderseits möglich ist. (Nr. III zeigt die palatinal Wurzel von 7+, Nr. V die bukkalen Wurzeln des gleichen Zahnes.)

Nr. VI (11,2 cm): Im Oberkiefer sieht man deutlich den Canalis infraorbitalis.

Zusammenfassung:

1. Diese Darstellungsart ist geeignet für Prämolaren und Molaren des Oberkiefers und Unterkiefers. Überdecken sich infolge der Krümmung des Zahnbogens die Prämolaren untereinander, bzw. mit dem Eckzahn zu stark, dann ist die obige Darstellung für diese Zähne nicht angebracht.

2. Werden durch einen großen Einschmelzungsherd oder eine Zyste mehrere Schnitte gelegt (Schnittunterschiede von 3 mm oder weniger), so kann die Kammerung erfaßt werden.

3. Es ist tomographisch möglich, die palatinal Wurzel einerseits und die bukkalen Wurzeln anderseits isoliert darzustellen. Die mesio-distalen Krümmungsverhältnisse der Wurzeln und Kanäle können gut studiert werden und stören sich nicht gegenseitig durch Überdeckung, Sekundärdentinbildungen in der Pulpa sind feststellbar.

4. Die verschiedenen Sinusformen in den einzelnen Schichttiefen sind besonders schön wiederzugeben, ebenso die Ausbuchtungen der Oberkieferhöhle nach vorn und in den Alveolarfortsatz. Diese Feststellung kann wichtig werden, wenn die Differentialdiagnose zwischen Wurzelzyste und Kieferhöhlenbucht in Frage steht.

5. Canalis mandibularis und Canalis infraorbitalis können auf diese Art schön dargestellt werden.

6. Weitere Versuche über filmnahe und filmferne Einstellungen der Molaren ergaben keine großen Unterschiede.

7. Dadurch, daß die Front- und Eckzähne in der Projektion hintereinanderliegen, gelingt ihre tomographische Darstellung nicht.

8. Die bukkalen und palatinalen Wurzeln werden in dieser Serie

in ihrer Längsrichtung verstrichen. Theoretisch ist die Verwischung der Wurzeln besser, wenn die Hauptverlaufsrichtung ihrer Verschattung rechtwinklig angegangen wird. Diese rechtwinklige Verstreichungsart wird bessere Resultate liefern, speziell wenn der Übergang der Wurzelkanäle in die Kronenpulpa interessiert. Im Apex und periapikalen Raum dagegen wird sich dieser Nachteil der Serie e nicht merklich auswirken.

Serie f: Okzipito-frontale Verstreichung

Von den zwei Versuchsserien sei folgende erwähnt: Lagerung des Schädels: Seitenlage. Aufnahmedaten: 47 kV; 33 mA; 1 sec. Ausgeführte Schnitte:

		Abstand von der Auflagefläche
Nr.	I	9,5 cm
Nr.	II	9,8 cm
Nr.	III	10,1 cm
Nr.	IV	10,4 cm
Nr.	V	10,7 cm, s. Abb. 11/V
Nr.	VI	11 cm

Resultate in den verschiedenen Schichttiefen (die nun folgende Serie ist filmfern aufgenommen):

Nr. II (9,8 cm): Am 4+ läßt sich eben die Aufhellung eines Granuloms erkennen. Zahnkrone und Wurzel sind noch undeutlich, also noch nicht in der Schnittebene liegend. Es ist deshalb anzunehmen, daß diese Einschmelzung eine bestimmte Tiefenausdehnung hat.

Nr. III (10,1 cm): Das genaue Studium der Wurzelverhältnisse der Prämolaren und des ersten Molaren ist durch die starke Verschattung und Überlagerung des harten Gaumens wesentlich beeinträchtigt.

Nr. V (10,7 cm): In der Pulpa des 6+ ist ein Dentikel feststellbar. Deutlich sieht man, wie die bukkalen Wurzeln von 6+ weit auseinander, die von 7+ eng zusammen stehen. Die Oberkieferhöhle ist nur andeutungsweise sichtbar. Im Unterkiefer ist der Mandibularkanal im Gebiete von 7 8- wiedergegeben.

Nr. VI (11 cm): Dieses Bild zeigt den Canalis infraorbitalis und den Mandibularkanal.

Zusammenfassung:

1. Diese Darstellung ist geeignet für die Untersuchung der Molaren des Unterkiefers.



Abb. 8 'III

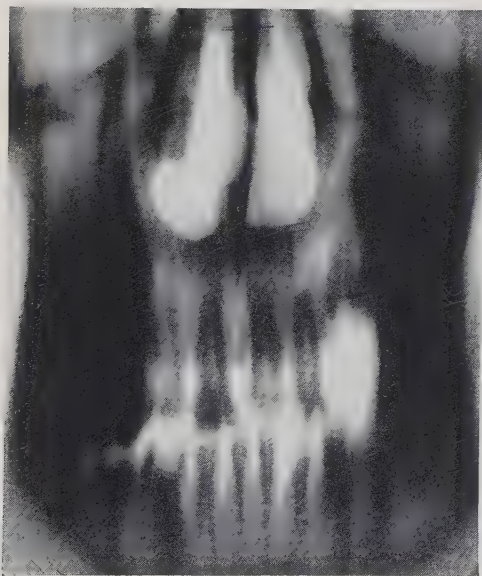


Abb. 8/IV



Abb. 8/V



Abb. 8/VI

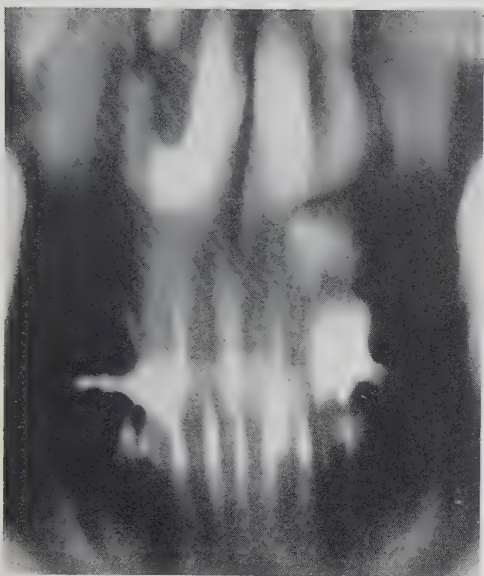


Abb. 8/VII

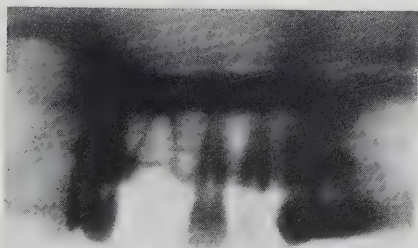


Abb. 9/II



Abb. 10,III

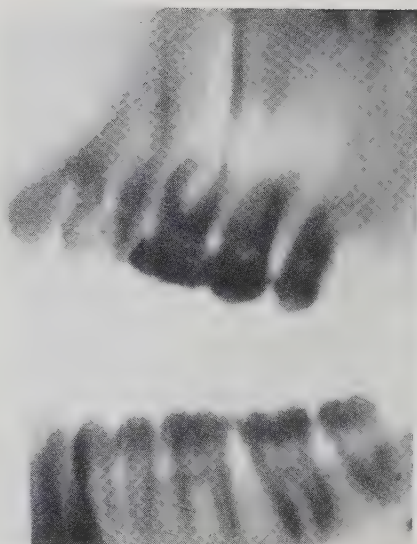


Abb. 10/V

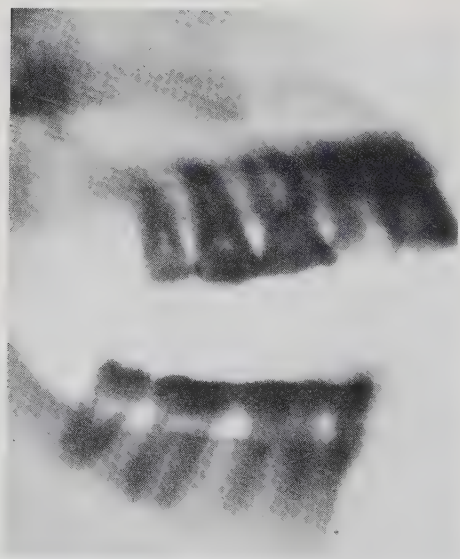


Abb. 11/V



Abb. 12/V



Abb. 13/IV

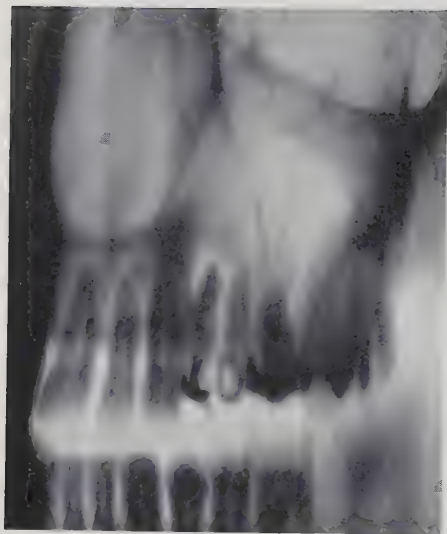


Abb. 14/I



Abb. 14/III



Abb. 14/IV



Abb. 14 X

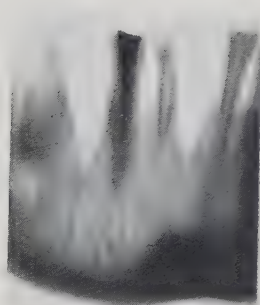


Abb. 15/III

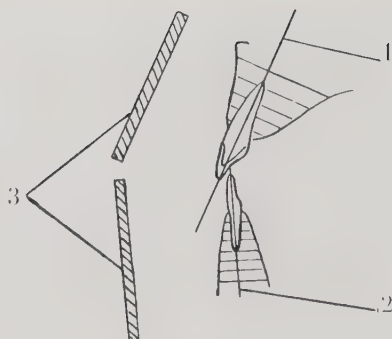


Abb. 16

Schädelagerung für Ober- und Unterkiefer

1 = Zahnachse im Oberkiefer
2 = Zahnachse im Unterkiefer

3 = Die entsprechenden Filmstellungen
bzw. Schädelagerungen

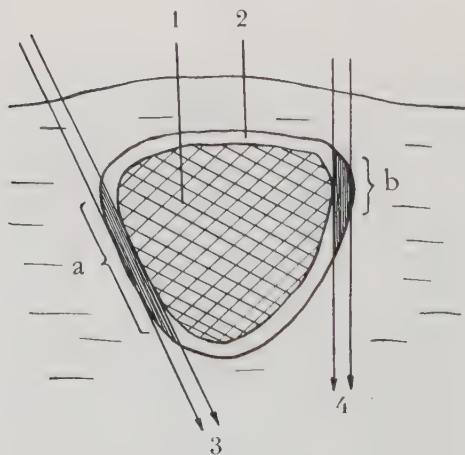


Abb. 17

Röntgenologische Darstellung des Periodontalspalt

1 = Frontzahn im Querschnitt
2 = Periodontalspalt
3 = Günstiger Verlauf des Röntgenstrah-
les (große Wegstrecke a)

4 = Ungünstiger Verlauf des Röntgen-
strahles (kleine Wegstrecke b)

2. Im Oberkiefer wirkt sich je nach der Lage des harten Gaumens seine linienartige Verschattung ungünstig aus. Ebenso kann die Wiedergabe der Sinusausbuchtungen durch den harten Gaumen gestört werden.

Serie g: Schräge Verstreichung

Lagerung des Schädels: Seitenlage. Aufnahmezeiten: 58 kV; 60 mA; 1 sec. Gegenüber Serie e und Serie f ist die Verstreichungsrichtung um 45° verschoben. Ausgeführte Schnitte:

Abstand von der Auflagefläche		
Nr.	I	7 cm
Nr.	II	7,5 cm
Nr.	III	7,8 cm
Nr.	IV	8,1 cm
Nr.	V	8,3 cm, s. Abb. 12/V
Nr.	VI	8,7 cm
Nr.	VII	9 cm
Nr.	VIII	9,3 cm

Resultate in den verschiedenen Schichttiefen (die nun folgende Serie ist filmfern aufgenommen):

- Nr. I (7 cm): Der erste Schnitt liegt im Gebiet der rechten oberen Front- und Eckzähne.
- Nr. III (7,8 cm): Durch Summationseffekt mit dem Eckzahn ist die mesiale Karies am 4+ unübersichtlich dargestellt. Für die Prämolaren ist diese Lagerung daher ungünstig. Das Bild zeigt klar, daß die palatinale Wurzel des 6+ nicht unmittelbar von unten her an den Sinusboden stößt. Diese Feststellung ist deutlicher als bei kaudo-kranialer Verstreichung (Serie e), da dort der Ansatz des Jochbeins an der Maxilla in den 6+ verwischt wird.
- Nr. IV (8,1 cm): Der Sinusboden senkt sich lateral der palatinalen Wurzel des 6+ zu einer Bucht.
- Nr. V (8,3 cm): Die eben beschriebene Bucht des Sinus zeigt sich in diesem Bild noch deutlicher. Die palatinale Wurzel des 6+ ist dagegen kaum mehr erkenntlich. Sie liegt medial von dieser Schnittebene. Die mesio-bukkale Wurzel ist im Bilde angedeutet. Die palatinale Wurzel des 7+ liegt sehr nahe dem Sinus. Der geradlinige Wurzelkanal ist sehr gut wiedergegeben. Der ganze Umriß der Oberkieferhöhle läßt sich verfolgen. Dorsal des Sinus maxillaris stellt sich die Fossa pterygo-palatina dar.

Nr. VI (8,7 cm): Die beiden bukkalen Wurzeln des 6+ sind vom Sinus distanziert, diejenigen des 7+ liegen erst in ihrem kronennahen Anteil in der Schnittebene. Ihre Apices sind außerhalb dieser Schicht gelegen, das heißt, sie stellen sich hier undeutlich dar.

Zusammenfassung:

1. Die schräge Verstreichung nach Serie g stellt die Kompromißlösung zwischen kaudo-kranialer und okzipito-frontaler Verstreichung dar. Sie ist besonders geeignet für die Molarendarstellung des Oberkiefers, wenn man einerseits die Wurzeln gegeneinander gut verwischen möchte, andererseits aber die Verschattung des harten Gaumens umgehen will.

2. In dieser Serie konnte eine Sinusbucht in den Alveolarfortsatz schön beobachtet werden. Von medial nach lateral schichtweise fortschreitend, deutet sich die Bucht zunächst sachte an und prägt sich immer deutlicher aus.

3. Die vordere Sinuswand mit ihren Ausbuchtungen kann in dieser Serie nicht so gut beobachtet werden wie bei kaudo-kranialer Verstreichung, da sich der Jochbeinansatz und der Processus zygomaticus der Maxilla in diesem Gebiet störend bemerkbar machen.

4. Bei tiefliegendem Jochbein muß man sich klar sein, welcher obere Molar deutlich dargestellt werden soll. Es ist dann darauf zu achten, daß die Jochbeinverschattung nicht als Störschatten in dieser Zone auftritt. Entsprechend muß die Verstreichungsrichtung abgeändert werden.

Serie h:

Serie h stellt eine Ergänzung zu Serie f dar. Das Neue dieser Serie besteht darin, daß der Scheitel leicht gehoben wurde. Die Sagittalebene ist also nicht parallel zum Film, sondern befindet sich in einer leichten Neigung zur Unterlage. Die Verstreichungsrichtung ist okzipito-frontal.

Zusammenfassung:

Diese Lagerung kann einmal Anwendung finden bei Schiefstellung eines Molaren. Die Lagerung bezweckt dann, daß der Zahn in der Längsachse wieder parallel dem Film liegt, und so in einem tomographischen Schnitt scharf dargestellt werden kann. Sonst bietet diese Schädellage keine technischen Vorteile.

3. Schräglage des Schädels

(Im ersten schrägen Durchmesser)

Serie i: Okzipito-frontale Verstreichung

Lagerung des Schädels: Schräglage. Aufnahmedaten: 45 kV; 33 mA; 1 sec. Ausgeführte Schnitte:

		Abstand von der Auflagefläche
Nr.	I	1 cm
Nr.	II	1,5 cm
Nr.	III	2 cm
Nr.	IV	2,5 cm, s. Abb. 13/IV

Resultate in den einzelnen Schichttiefen:

Nr. I (1 cm): Der Schnitt trifft den 1+ und 5+. Über den Wurzeln des Oberkiefers liegt als bandförmige Verschattung der harte Gaumen. Nach lateral ist der Sinus maxillaris abgegrenzt durch die Crista zygomatico-alveolaris.

Nr. II (1,5 cm): Durch Vergleich mit Bild Nr. I können wir feststellen, wie 0,5 cm Schichtveränderung genügen, um den 1+ fast völlig zu verwischen.

Nr. IV (2,5 cm): Überraschend gut zeigt sich auf diesem Bild die Lagebeziehung der palatinalen Wurzel des 7+ zum Sinus maxillaris. In einem gleichmäßigen Bogen buchtet sich der Sinus maxillaris nach unten vor. Von medial unten nähert sich die palatinale Wurzel diesem Bogen. Man sieht deutlich die etwa 1 mm dicke dazwischen liegende Knochenschicht. Im Unterkiefer stellt sich der Mandibularkanal dar.

Zusammenfassung:

1. Diese Darstellung eignet sich für Eckzahn und Prämolaren des Unterkiefers und für Spezialfragen der ersten Molaren im Oberkiefer. (Ebenso für die zweiten Molaren, wenn der erste fehlt, wie im obigen Beispiel.)

2. Schön kann zum Beispiel die Lagebeziehung der palatinalen Wurzel des ersten Molaren dargestellt werden.

3. Die Frontzahnalveolen geben sich unter Umständen deutlicher wieder als in Serie a, da hier der Frontalschnitt in Richtung nach einem Sagittalschnitt etwas gedreht wird.

4. Ein großer Nachteil im Oberkiefer ist die Verschattung des harten Gaumens, welche durch Anwendung der kaudo-kranialen Verstreichung behoben wird.

Serie k: Kaudo-kraniale Verstreichung

Von den zwei Versuchsserien sei folgende erwähnt: Lagerung des Schädels: Schräglage. Aufnahmedaten: 47 kV; 33 mA; 1 sec. Ausgeführte Schnitte:

		Abstand von der Auflagefläche
Nr.	I	1 cm, s. Abb. 14/I
Nr.	II	1,5 cm
Nr.	III	2 cm, s. Abb. 14/III
Nr.	IV	2,5 cm, s. Abb. 14/IV
Nr.	V	3 cm
Nr.	VI	3,5 cm
Nr.	VII	4 cm
Nr.	VIII	4,5 cm
Nr.	IX	5 cm
Nr.	X	5,5 cm, s. Abb. 14/X
Nr.	XI	6 cm

Resultate in den einzelnen Schichttiefen:

Nr. I (1 cm): Auf diesem Schnittbild sind die oberen Zähne von +1 bis +5 sichtbar. Der Eckzahn liegt vor der Ebene und ist daher unscharf. Die Frontzähne, Eckzähne und Prämolaren der rechten Kieferhälfte projizieren sich ineinander. Am +4 ist das Granulom markant wiedergegeben. Die Krone dieses Zahnes zeigt Karies mesial und distal. Auch an der Krone des +5 ist eine kariöse Höhle feststellbar.

Nr. II (1,5 cm): Die beiden bukkalen Wurzeln des +6 sind hier wiedergegeben.

Nr. III (2 cm): Auf dem dritten Bild taucht der Sinusboden auf. Darunter medial zeigt sich die palatinale Wurzel des +6. Der Apex ist noch unscharf. Laterale Sinuswand und Sinusdach sind ebenfalls dargestellt.

Nr. IV (2,5 cm): Markant zeigt dieses Schnittbild die Lagebeziehung der palatinalen Wurzel des +6 zum Sinus. Apex und Periodontalspalt sind schöner wiedergegeben als bei okzipito-frontaler Verstreichung, da der harte Gaumen nicht mehr stört. Über dieser Wurzelspitze deutet sich die medio-basale Grenzlinie des Sinus maxillaris gegen die Nasenhöhle an. Die Bogenlinie medial über der Wurzelspitze gehört zum Nasenhöhlenboden, diejenige mehr lateral zum Sinusboden. Die Zwischenschicht (Wurzel-Sinus) beträgt etwa 1 mm.

Nr. V (3 cm): Die Lagebeziehung der palatinalen Wurzel des +7 zum Sinus läßt sich dagegen nicht mehr eindeutig angeben! Von den Schnittbildern Nr. VI bis XI ist beachtenswert das Schnittbild Nr. X.

Nr. X (5,5 cm): Die Kronen und bukkalen Wurzeln der Molaren rechts oben sind (durch Hintereinanderprojektion) vollkommen undeutlich dargestellt. Jedoch die palatinale Wurzel eines rechten oberen Molaren läßt sich in ihrer Lagebeziehung zum Sinus genau beobachten. Die Knochenschicht dazwischen beträgt etwa 1 mm. Auf der linken Seite kann man die dorsale Partie der Orbita mit dem Canalis opticus sehen.

Zusammenfassung:

1. Diese Darstellung eignet sich für den oberen 1 bis 5. Ebenso für die entsprechenden unteren Zähne.

2. Man kann auch die Lagebeziehung der palatinalen Wurzel des oberen 6 zum Sinus beobachten.

3. Schneidet man das Kiefergebiet noch tiefer, so daß man die Molaren der Gegenseite (in unserm Beispiel der rechten Seite) trifft, so läßt sich hier die Lagebeziehung der Palatinalwurzeln der hinteren Molaren zum Sinus isoliert feststellen.

4. Axiale Schädelagerung

Serie I: Okzipito-frontale Verstreichung

Lagerung: Axial (der Schädel ruht auf der Mandibula). Aufnahmedaten: 47 kV; 33 mA; 1 sec. Es wurde eine Serie von 17 Schnitten ausgeführt.

Resultate:

Im Unterkiefer wird die äußere und innere Kompaktaschicht wiedergegeben. Über die Darstellung der Zahnwurzeln, sowohl im Unterkiefer wie im Oberkiefer läßt sich allgemein sagen, daß sie undeutlich ist, denn die Verschattungen durch die Zahnkronen sind zu stark. Im Oberkiefer ist die Begrenzung des Alveolarfortsatzes besonders im retromolaren Gebiet sichtbar. Noch weiter aufsteigend stellt der Schnitt das Septum nasale und die laterale Wand der Nasenhöhle (= mediale Wand der Oberkieferhöhle) dar. In den folgenden Schnitten wird der Sinus maxillaris wiedergegeben, und nach dorso-lateral anschließend die Fissura orbitalis inferior. Medial der Sinusbegrenzung zeigt sich der Canalis naso-lacrimalis.

Zusammenfassung:

1. Diese Lagerung ist zweckmäßig für die Sinusdiagnostik.

2. Für Schnittserien der Zähne ist diese Aufnahmetechnik un-

geeignet. Da sich Zahnwurzeln und Zahnkrone ineinander projizieren, so werden die Störschatten zu groß.

Serie m: Latero-laterale Verstreichung

Lagerung: Axial. Aufnahmedaten: 58 kV; 60 mA; 1 sec. Es wurde eine Serie von 15 Schnitten ausgeführt, mit einem Abstand von je 0,5 cm zwischen den einzelnen Schnitten.

Zusammenfassung:

1. Diese Serie führt im wesentlichen zu denselben Ergebnissen wie Serie 1.

2. In entsprechender Schichttiefe läßt sich das Capitulum mandibulae im Horizontalschnitt erkennen.

3. Die Sinusdarstellung ist auf diese Art eher ungünstig, da Störschatten des Jochbeines in dieses Gebiet verstrichen werden.

Anhang: Das tomographische Bild einer Wurzelfüllung

Im folgenden wurde eine Wurzelfüllung tomographisch untersucht. Als Objekt diente der Unterkiefer, wobei am 3 – eine Wurzelfüllung ausgeführt wurde (Paste + Guttaperchastift, dann: Zementabschluß, darüber Amalgamfüllung). Die Aufnahmetechnik war folgende: Schädellage: Schräglage. Verstreichung: Kaudo-kranial. Aufnahmedaten: 45 kV; 33 mA; 1 sec.

Zusammenfassung:

Die tomographische Wiedergabe der Wurzelfüllung bietet gegenüber dem normalen Röntgenbild keine wesentlichen Vorteile.

III. Optimale Untersuchungsbedingungen für einzelne Zahngruppen

In diesem Teil werden einzelne Zahngruppen und Kiefergebiete besprochen im Hinblick auf günstigste Lagerung und Verstreichung.

A. Allgemeine Übersicht

Zunächst folgt eine Tabelle, die gestattet, sich über die beste Darstellung der betreffenden Zahngebiete im Überblick zu orientieren. Die Zahndarstellung ist dabei in Abhängigkeit von der Schädel-lagerung gesetzt.

	Frontzähne	Eckzähne	Prämolaren	Molaren
Stirnlage des Schädels	gut	—	—	—
Seitenlage des Schädels	—	—	—	gut
Schräglage des Schädels	—	gut	gut	—
Axiale Lage des Schädels	—	—	—	—

Im allgemeinen fordern entsprechende Zähne des Ober- und Unterkiefers ähnliche Lagerung zu ihrer Darstellung. Deshalb ist es möglich, die beiden Kiefer nicht getrennt, sondern gemeinsam zu besprechen.

B. Frontalgebiet

Für die obern und untern Inzisiven erweist sich die Verstreichung nach *Serie a* als günstig (vgl. Abb. 8). Die in Frage kommende Aufnahmetechnik ist folgende:

Schädellagerung: Nase und Stirn aufliegend oder Nase und Kinn aufliegend. Verstreichung: Kaudo-kranial. Schnitttiefe: Von etwa 0,5 cm bis 1 cm Abstand von der Auflagefläche, je nachdem, wie nahe man die Frontzähne an die Unterlage heranbringt!

Was die Schädellagerung anbetrifft, so ist auf folgenden Punkt hinzuweisen: Die Längsachse des Zahnes soll möglichst parallel der Filmplatte liegen. Dies gilt allgemein für alle Zähne. Die Achsen der Frontzähne im Ober- und Unterkiefer stehen etwas geneigt zueinander, so daß eine veränderte Lagerung für Ober- und Unterkiefer resultiert. Abbildung 16 zeigt den Sachverhalt im Bild.

Durch diese Parallellagerung der Zähne mit dem Film wird vermieden, daß nur eine Partie des Zahnes scharf wiedergegeben wird.

Schräge Verstreichung nach *Serie c* ist eher für den Unterkiefer gedacht; sie kann jedoch auch einmal für den Oberkiefer Verwendung finden. Unter Umständen wird der Periodontalspalt der obern Inzisiven deutlicher, wenn man eine Darstellung nach *Serie i* (bei hohem Gaumen) oder *Serie k* versucht.

Die beste Darstellung des Periodontalspaltes erreicht man dann, wenn der Röntgenstrahl auf einer möglichst langen Strecke den

Alveolenraum orthograd durchläuft, wie die Skizze in Abbildung 17 veranschaulicht.

C. Eckzahngebiet

Hier ist am vorteilhaftesten die Schräglage, und zwar für den Oberkiefer und Unterkiefer, Verstreichung nach *Serie k* (vgl. Abb. 14). Folgende Aufnahmetechnik erweist sich als günstig:

Schädellagerung: Schräglage. Verstreichung: Kaudo-kranial. Schnitttiefe: Von etwa 0,3 cm bis 2,5 cm Abstand von der Auflagefläche.

Für den Unterkiefer kommt auch okzipito-frontale Verstreichung nach *Serie i* in Betracht.

Die Schräglage ist besser als die Stirnlage der *Serie a*, da bei letzterer Störschatten der Prämolaren in das gewünschte Gebiet fallen. Die latero-laterale Verstreichung nach *Serie b* eliminiert diese Störschatten schon besser als *Serie a*, jedoch stört der harte Gaumen im Oberkiefer.

D. Prämolaren

Günstig ist die Wiedergabe nach *Serie k* für Ober- und Unterkiefer (vgl. Abb. 14). Die entsprechende Aufnahmetechnik ist folgende:

Schädellagerung: Schräglage. Verstreichung: Kaudo-kranial. Schnitttiefe: Von etwa 0,5 cm bis 3 cm Abstand von der Auflagefläche.

Im Unterkiefer kann auch okzipito-frontale Verstreichung nach *Serie i* erfolgen. Dabei ist die Lagerung gegenüber dem Eckzahngebiet so abzuwandeln, daß sich die Prämolaren nebeneinander projizieren und nicht überdecken. Grundsätzlich soll der Zentralstrahl möglichst orthoradial auf den gewünschten Zahn fallen, damit es nicht zu Überlagerungen mit Nachbarzähnen kommt.

Sowie bei *Serie a* die Prämolaren die Eckzahndarstellung stören, können die Frontzähne bei *Serie e* den ersten Prämolaren in seiner Darstellung beeinträchtigen. Je nach dem Verlauf des Zahnbogens läßt sich der zweite Prämolare auch gut nach *Serie e* (Ober- und Unterkiefer) und *Serie f* (Unterkiefer) wiedergeben.

E. Molarengebiet

Für Ober- und Unterkiefer eignet sich Verstreichung nach *Serie g* (vgl. Abb. 12). Die entsprechende Aufnahmetechnik ist folgende:

Schädellage: Seitenlage. Verstreichung: Schräg. Schnitttiefe: Von etwa 8 cm bis 11 cm Abstand von der Auflagefläche für filmferne Einstellung, oder von etwa 4 cm bis 6 cm Abstand von der Auflagefläche für filmnahe Einstellung. Die Zahlen variieren je nach der Form des Gesichtsschädels.

Für den Unterkiefer ist auch die okzipito-frontale Verstreichung nach Serie f zu empfehlen.

Der Störschatten der Palatinalwurzel, der die klare Darstellung der Bukkalwurzeln beeinträchtigen könnte, läßt sich prinzipiell am besten durch okzipito-frontale Verstreichung verwischen. Im Oberkiefer wirkt sich dabei aber der harte Gaumen störend aus. Deshalb greift man zur Kompromißlösung der Serie g. Mit kaudo-kranialer Verstreichung der Serie e kann man auch eine Differenzierung der palatinal gelegenen Wurzel gegenüber den Bukkalwurzeln erreichen. Wesentlich dabei ist die genaue Schichteinstellung auf die Wurzeln.

F. Lagebeziehung der Molarenwurzeln zum Sinus maxillaris

Am klarsten würde ein *Frontalschnitt* im Gebiet der Molaren die Lagebeziehung zwischen Zahnwurzeln und Sinus maxillaris wiedergeben. Dies gelingt jedoch nur in jenen Fällen, wo beispielsweise nur noch ein Molar in Lückenstellung steht. In den übrigen Fällen werden meist durch die Projektion der hintereinanderstehenden Molaren die Störschatten zu groß. Deshalb muß man andere Wege einschlagen.

Man wählt *Seitenlage* des Schädels mit *kaudo-kranialer* oder *schräger Verstreichung*, wobei man sich folgenden Gedanken vor Augen hält: Nur das wird tomographisch scharf abgebildet, was in derselben Schichtebene liegt: Man achtet deshalb auf die Deutlichkeit der Molarenwurzel, des Wurzelkanals und des Periodontiums einerseits und auf die Schärfe der Sinuswand andererseits. Da jede Schicht eine gewisse Minimaldicke hat, ist eine geringe Überprojektion durch benachbarte Zonen nicht zu vermeiden. Man muß aber dennoch in engem Abstände schneiden, um zum Beispiel eine Wurzelspitze exakt im «Schnitt» zu haben. An Hand der aufeinanderfolgenden Schnittbilder erhält man Einblick in die Topographie dieser Gegend. Eine Projektionstäuschung, wie sie beim gewöhnlichen Röntgenbild infolge Summation zustande kommen kann, ist hier unwahrscheinlich.

Die folgenden Methoden kommen als Ergänzung in Betracht. Zur genauen Lagebestimmung der *Palatinalwurzel* des oberen Sechсers in bezug auf den Sinus maxillaris kann man *Schräglage des Schädels* (*Serie k*) wählen. Man versucht einen Schnitt durch die palatinalе Wurzel zu legen und wird im gleichen Bild auch den Sinus treffen (vgl. Abb. 14). Zur Lokalisierung der palatinalen Wurzel der hinteren Molaren ist ebenfalls Serie k geeignet, wobei man mit der Schnitttiefe soweit geht, bis die Molaren der Gegenseite getroffen werden. Ein Schnitt in diesem Gebiet klärt über die Lagebeziehung zum Sinus auf (vgl. Abb. 14).

Die *Bukkalwurzeln* der oberen Molaren können in ihrer Beziehung zum Sinus nach *Serie a* dargestellt werden. Dabei muß man auf scharfe Wiedergabe des größten Teiles der Wurzel und des übrigen Zahnes verzichten infolge zu starker Verschattung, nur das Apex-Sinusgebiet wird auf diese Weise gut dargestellt.

IV. Ergebnisse der Arbeit

In vorliegender Arbeit haben wir den Versuch unternommen, eine Grundlage für eine Kiefertomographie am Lebenden zu schaffen. Es handelte sich also darum, die optimalen methodischen Bedingungen am Skelettschädel zu studieren, um die Ergebnisse am Patienten später anzuwenden. In dem Untersuchungsmaterial von etwa 150 Bildern kamen die verschiedensten Schädellagerungen und Verstreichungen zur Anwendung, wobei unser Ziel war, eine klare Darstellung der einzelnen Kiefergebiete mit möglichst einfacher und eindeutiger Untersuchungstechnik zu erreichen. Denn am Lebenden werden sich neue Schwierigkeiten zeigen, eine davon ist zum Beispiel die Halswirbelsäule, die sich unter Umständen im Bilde störend bemerkbar machen kann.

Das normale Röntgenbild ist dem Wesen nach ein Summationsbild, das Tomogramm ein Schnittbild. Wegen dieses fundamentalen Unterschiedes im Bildergebnis wird man bei der Tomographie mit neuen Möglichkeiten an ein Untersuchungsobjekt herangehen können. In welchen Fällen, so kann man sich überlegen, wird die Tomographie wesentliche Vorteile gegenüber einem normalen Röntgenbild bringen? Diese Frage läßt sich nämlich ganz allgemein beantworten. Überall dort, wo das normale Röntgenbild die Möglichkeit

zu Lokalisationstäuschungen offen läßt, wo sich die Summationswirkung als unübersichtlich erweist, ist die Tomographie von Nutzen (zum Beispiel kann eine Alveolarfraktur, die sich über eine Wurzel projiziert, eine Wurzelfraktur vortäuschen. Überall dort wird die differenzierte und sorgfältige Schichtuntersuchung der Tomographie den Irrtum klarstellen. Jedoch ist die tomographische Untersuchung (zumal da mehrere Bilder notwendig sind) mit einem größeren zeitlichen und materiellen Aufwand verbunden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit, die im folgenden zusammengestellt werden, kann man in zwei Gruppen teilen. Eine erste Gruppe beschäftigt sich mit der Untersuchungstechnik, man könnte diese Resultate als tomographische Untersuchungsregeln überschreiben. Eine zweite Gruppe von Ergebnissen bringt die Vorteile der Tomographie gegenüber dem normalen Röntgenbild zum Ausdruck.

Tomographische Untersuchungsregeln

Zunächst gilt es ganz allgemein festzustellen, daß es für einzelne Zahn- und Kiefergebiete *optimale Lagerungen und Verstreichungen* gibt. Da bei der normalen Röntgenologie die Projektionsrichtung (apikale, horizontale, axiale, semiaxiale Projektion) von entscheidendem Einfluß auf das Bildergebnis ist, so kommt zu dieser variablen Größe bei der Tomographie noch die Wahl der Verstreichungsrichtung, die ebenfalls wesentlich das Bildergebnis beeinflußt.

Wie der Anatom einzelne Schichten mechanisch aus seinem Untersuchungsobjekt herauschneidet, um sie genau zu untersuchen, so geht man entsprechend bei der Tomographie vor. Röntgenologisch werden einzelne Schichten aus dem Objekt geschnitten, die dann im photographischen Bild der Untersuchung zugänglich werden. Es stellt sich nun prinzipiell das Problem, in welcher räumlichen Orientierung man den Zahn schneiden soll. Da im allgemeinen neben Zahnkrone und Wurzel auch der Periapex von großem Interesse ist, so erscheint eine Schnittrichtung in der Längsachse die gegebene. Auf die Untersuchungstechnik übertragen heißt das: *Zahn und Wurzelachse* sollen möglichst *parallel der Platte* liegen.

Betrachten wir im Gegensatz dazu einen Querschnitt durch den Zahn, so lehren uns die Versuche, daß das Bildergebnis ungünstig

ausfällt, die ineinanderprojizierten Störschatten von Zahnkrone bzw. Zahnwurzeln sind zu groß; der Tomographie sind in dieser Richtung Grenzen gesetzt.

Weiter zeigten unsere Versuche, daß eine *orthoradiale Projektion* auf den Zahn sich am günstigsten erweist. Dadurch wird vermieden, daß es zu störenden Überlagerungen mit Nachbarzähnen kommt. Um die tomographischen Möglichkeiten nach der andern Richtung hin abzugrenzen, untersuchten wir das Extrem zur orthoradialen Projektion, nämlich die Projektion hintereinanderstehender Zähne. Die Untersuchungen zeigten, daß sich auf diese Art die Störschatten ungenügend verwischen lassen (abgesehen von Spezialuntersuchungen). Deshalb ist bei Frontalschnitten die Prämolaren- und Molarendarstellung ungünstig, entsprechend wird bei Sagittalschnitten die Frontzahndarstellung undeutlich.

Bis jetzt beschäftigten wir uns mit Projektionsfragen, jetzt wenden wir uns der Schichtlage zu. Will man Zahnwurzel und Apex genau untersuchen, dann ist eine primäre Forderung, daß die *Schnittebene* dieses Gebiet *genau trifft*. Die Wurzelkanal- und Periodontalspaltdarstellung gelingen nur bei sehr genauer Schichteinstellung. Dies erklärt sich ohne weiteres aus dem mechanischen Bewegungsablauf der Röntgenröhre und den Projektionsgesetzen; denn Punkte, die sich nicht in der Drehpunktebene befinden, werden während der Exposition auf dem Film verschoben. Die Verschiebung (und damit das Undeutlichwerden) nimmt progressiv mit dem Abstand von der Drehpunktebene zu. In unserem Kiefergebiet ergaben Schnittunterschiede von 3 mm verschiedene Bilder! Da man nie genau weiß, wo sich der Apex befindet, ist es empfehlenswert, ungefähr die entsprechende Schnitthöhe einzustellen und dann das ganze fragliche Gebiet *alle 2—3 mm zu schneiden*.

Die nächsten allgemeinen Versuchsergebnisse betreffen die *Verstreichungsrichtung*. Im Unterkiefer spielt die Wahl der Verstreichungsrichtung eine geringere Rolle als bei Untersuchungen im Oberkiefer. Die Erklärung dazu ist darin zu suchen, daß der Oberkiefer komplizierende Nachbarbeziehungen hat (harter Gaumen, Jochbein, Sinus maxillaris) und daher eher Möglichkeiten zu Störschatten gegeben sind. Die freie Wahl der Verstreichungsrichtung ist auf diese Art eingeschränkt. Wie die Untersuchungen zeigen, stört im *Oberkiefer* regelmäßig bei latero-lateraler, bzw. okzipito-

frontaler Verstreichung der harte *Gaumen*. Für dieses Gebiet ist daher *kaudo-kraniale* Verstreichung vorzuziehen. Nun können wir uns weiter fragen, wie man am besten einzelne Zähne oder bei mehrwurzligen Zähnen *einzelne Wurzeln* gegeneinander verwischt. Prinzipiell verstreicht man am besten diese Störschatten, indem man die Röhre *rechtwinklig* zu ihrer *Längsachse* bewegt.

Die folgende Tabelle soll knapp die für die einzelnen Zahn- und Kiefergebiete wichtigsten Angaben zur Darstellung bringen.

Kiefergebiet	Schädellage	Verstreichung	Schnittiefe
1. Frontzähne	Stirnlage	kaudo-kranial	etwa 0,5–4 cm
2. Eckzahn	Schräglage	kaudo-kranial	0,3–2,5 cm
3. Prämolaren	Schräglage	kaudo-kranial	0,5–3 cm
4. Molaren	Seitenlage	schräg	4–6 oder 8–11 cm
5. Molaren-Sinus maxillaris	Seitenlage oder Schräglage Stirnlage	schräg kaudo-kranial	8–11 cm

Will man zum Beispiel sich über die Eckzahndarstellung orientieren, dann geht man bei Nr. 2 Eckzahngebiet auf der gleichen Zeile von links nach rechts und findet Angaben zunächst über die optimale Schädellage, dann über die Verstreichungsrichtung und zuletzt über die ungefähre Schnittiefe (gemessen von der Unterlage aus).

Vorteile der Tomographie

Die Vorteile der Tomographie gegenüber dem einfachen Röntgenbild liegen darin, daß die Summationswirkung des gewöhnlichen Röntgenbildes im Tomogramm weitgehend ausgeschaltet ist. Da die Lokalisationsverhältnisse im Unterkiefer einfacher sind, so werden die tomographischen Untersuchungen vor allem für die komplizierteren Verhältnisse des Oberkiefers von Bedeutung sein.

Insbesondere haben die *oberen Molaren* eine kritische Stellung in ihrer *Nachbarbeziehung zur Oberkieferhöhle*. Die tomographischen Untersuchungen zeigten uns, daß die *Palatinalwurzel* einerseits und

die *Bukkawurzeln* andererseits sich isoliert darstellen lassen, am besten in Seitenlage des Schädels und unter schräger Verstreichungsrichtung. Die Darstellung der Beziehung dieser Wurzeln zum Sinus maxillaris gelingt durch verschiedene Spezialaufnahmen. In guten Tomogrammen ist oftmals die Umgrenzung der Oberkieferhöhle mit allen Ausbuchtungen in den Alveolarfortsatz als markante Verschattungslinie ununterbrochen zu verfolgen. Die Diagnosestellung wird dadurch wesentlich erleichtert.

Was die Pathologie der Kiefergebiete betrifft, weisen wir auf folgende Ergebnisse hin:

Wo das normale Röntgenbild keinen Schluß auf Tiefenausdehnung eines destruktiven Prozesses, da können wir *größere Granulome* oder *Zysten* mittels der Tomographie auf ihre *Ausdehnung* und *Tiefe* untersuchen. Entsprechend dem Wesen der Tomographie können retinierte *Zähne* eindeutig lokalisiert werden. Das normale Röntgenbild verleitet gelegentlich zu Lokalisationsirrtümern!

Bei der genauen Diagnose von *Zahn- und Kieferbrüchen* nimmt die Tomographie eine besonders hervorragende Stellung ein. Im Tomogramm sind Projektionstäuschungen, wie sie beim normalen Röntgenbild durch Knochenränder, Weichteilgrenzen, Gefäßkanäle zustande kommen können, unwahrscheinlich.

Abschließend möchten wir noch erwähnen, daß die *großen Kanäle* im Kiefergebiet (Canalis incisivus, Canalis infra-orbitalis, Canalis pterygopalatinus, Canalis mandibularis) tomographisch durch geeignete Lagerung und Verstreichung klar sichtbar gemacht werden können.

Die Kiefergelenkdarstellung durch Tomographie soll hier nur noch der Vollständigkeit wegen angeführt werden.

Zusammenfassung

Nach Besprechung des Prinzipes der Tomographie werden 12 Versuchsserien zur Schichtdarstellung der Kiefer detailliert angeführt, wobei verschiedene Schädellagen und Verstreichungsrichtungen systematisch besprochen werden. Anschließend wird auf die optimalen Untersuchungsbedingungen für einzelne Zahn- und Kiefergebiete eingegangen. Es können tomographische Grundregeln für die Untersuchung der Zähne und der Kiefer aufgestellt werden. Die Vorteile der Tomographie gegenüber dem normalen Röntgenbild machen

sich bei der Diagnostik von Zysten, Granulomen, retinierten Zähnen bemerkbar, weiter bei Frakturen, bei der Darstellung der großen Kanäle im Kiefergebiet und vor allem bei der topographischen Abgrenzung des Sinusbodens gegen die palatinalen und bukkalen Wurzeln der Molaren und Prämolaren.

Literatur

- Benner, F. und Junck, H.: Das Röntgenschnittaufnahmeverfahren und seine Verwendbarkeit im Kiefergebiet. DZW, 41, 36, 845; 1938.
 Hippe und Rascher: Tomographie des Unterkiefers. Röntgenpraxis, Bd. XI, 1939.
 Mathis, H. und Hammer, F.: Über die Möglichkeiten der Tomographie in der Stomatologie. ZStom., 39, 20, 749; 1941.
 Peyrus, Aubert: La stratigraphie en stomatologie. RevStom., 40, 3, 168; 1938.

Résumé français

La technique des tomogrammes des dents et des maxillaires

La *tomographie* est la technique radiologique qui consiste à donner des images précises de certaines couches et de les isoler du voisinage pour en saisir l'aspect. Cette méthode est indiquée partout où il faut éviter la superposition des images. En ce qui concerne les dents, la tomographie doit correspondre à l'axe de la dent, c'est-à-dire que la plaque doit être parallèle à l'axe radiculaire. On peut isoler chaque racine des molaires supérieures avec leurs rapports sinusaux.

Il est possible maintenant de déterminer l'extension et la profondeur, des grands granulomes et des kystes. Il en est de même pour les dents incluses, les fractures maxillaires et la localisation des divers canaux osseux (incisivus, infra-orbitalis, pterygopalatinus, mandibularis).

Bonsack

Note de la Rédaction française: Un travail en français donnera prochainement les principes de cette méthode.

Summary

While Röntgenography yields us a picture of summation of all the tissues between the source of X-rays and the film, tomography, more widely known in pulmonary medicine, enables us to depict a certain layer of tissues. The technique of maxillary tomography is

described including the different head positions for correspondent purposes, the method of "blurring" and the optimal conditions for examination of the different regions of teeth and jaws.

The advantage of tomography is evident in the diagnosis of cysts, apical foci, impacted teeth, fractures and in the topographic demarcation of sinus walls against bicuspid or molar roots.

R. H. Boitel

Curriculum vitae

Ich wurde am 16. April 1923 als Sohn des Diethelm von Vigier und der Anna, geb. Stocker geboren. In Solothurn, meinem Geburtsort, besuchte ich Primarschule und humanistisches Gymnasium. Dasselbst bestand ich die Maturität im Jahre 1941. Im Frühjahr 1942 bezog ich die Universität Freiburg und legte nach Jahresfrist das erste propädeutische Examen ab. Die anatomisch-physiologischen Studien erfolgten in Bern mit anschließendem Examen. Im Herbst 1945 trat ich in das erste klinische Semester in Basel ein und nach fünf weiteren Semestern bestand ich im Frühjahr 1948 das zahnärztliche Staatsexamen.

Herrn PD Dr. *E. A. Zimmer* möchte ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen für die Anregung und Förderung dieser Arbeit.

